

微波消解-ICP-OES, AAS 和 AFS 测定大蒜不同部位 20 种元素含量

王小平¹, 项苏留²

1. 苏州大学放射医学与公共卫生学院, 江苏 苏州 215123

2. 苏州大学分析测试中心, 江苏 苏州 215123

摘要 将大蒜植株分为根、茎(下)、茎(中)、茎(上)、嫩叶和老叶 6 个不同部位, 采用微波消解方法对各个部位进行了预处理, 并用电感耦合等离子体发射光谱法(ICP-OES)、原子吸收光谱法(AAS)和原子荧光光谱法(AFS)测定了其中 Al, As, B, Ca, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, K, Mg, Mn, Na, Ni, P, Pb, S, Se, Sr 和 Zn 共 20 种元素的含量, 另外, 还测定了从同一处土壤中采收的大蒜头中相应元素的含量。研究表明: 大蒜植株嫩叶和大蒜头中 Cu, Fe, Mn, S, Se, Zn 等元素含量较高而 As, Cd, Hg, Pb 等元素含量较低, 是提取大蒜生物活性物质的绝好材料; 一些元素在大蒜植株不同部位的含量分布模式能高度反映植物生理特性或环境污染状况。

关键词 大蒜; 元素; 微波消解; 电感耦合等离子体发射光谱法; 原子吸收光谱法; 原子荧光光谱法

中图分类号: Q946.9 **文献标识码**: A **文章编号**: 1000-0593(2006)10-1907-05

引言

大蒜(*Allium Sativum* L.) 又称胡蒜, 为百合科葱属草本植物, 原产于中亚地区, 在我国已有 2 000 年以上的种植历史, 且种植面积极广。大蒜中含有丰富的有机硫化合物, 如蒜氨酸、大蒜辣素和大蒜新素等, 这是大蒜体内最为主要的生物活性物质, 具有抗肿瘤、降血脂等多种生物学功能^[1,2]。由于含 S 丰富的植物往往富集同一主族相邻元素 Se 的能力也较强, 故与生长在相同土壤上的其他草本植物比较, 大蒜中亦含有颇为丰富的 Se, 这些 Se 多以有机硒(如 谷氨酰硒甲基半胱氨酸、谷氨酰硒蛋氨酸等^[3])和硒蛋白形式存在。另外, 大蒜还是超氧化物歧化酶(SOD)含量最高的植物之一, 这可能与大蒜细胞存在较强的抗氧化需求有关。SOD 通常可分为三类, 即 Cu/Zn-SOD, Mn-SOD 和 Fe-SOD, 均为金属酶, 大蒜中以 Cu/Zn-SOD 含量最为丰富, 主要存在于大蒜细胞叶绿体、胞质和过氧化物酶体中。

准确地测定大蒜中各种元素含量不仅有助于深入了解其营养与药用价值, 为大蒜生物活性物质的提取提供一定依据, 而且也有助于探寻植物生理特性或监测环境污染状况。迄今为止, 有关大蒜中各种元素含量的研究报告尚不多见^[4], 甚至缺乏最为基本的大蒜中 S 含量的准确定量数据。有鉴于此, 本文将大蒜植株自下而上分为根、茎(下)、茎

(中)、茎(上)、嫩叶和老叶 6 个不同部位(茎分成 3 个部位可用于研究大蒜植株营养输送情况), 采用微波消解-ICP-OES, AAS 和 AFS 测定了其中 20 种元素的含量, 另外, 还测定了从同一处土壤中采收的大蒜头中相应元素的含量。获得了一些颇具实际意义的研究结果。

1 实验部分

1.1 仪器和试剂

FC-204 型电子天平(上海精密科学仪器有限公司); ETHOS D型微波消解仪(意大利 Milestone 公司); VISTA-MPX 型电感耦合等离子体发射光谱仪(美国 Varian 公司); Spectr AA 110/220 型原子吸收光谱仪(美国 Varian 公司); AFS-230E 型原子荧光光谱仪(北京海光仪器公司)。

20 种元素标准溶液(国家标准物质中心), 除了 As 和 Hg 用 5% 盐酸作稀释介质、Se 用 10% 盐酸作稀释介质外, 其余元素均用 5% 硝酸配制标准应用液; 盐酸、硝酸和高氯酸为优级纯, 其余试剂均为分析纯。植物标准参考物质(茶叶 GBW07605)购于地矿部物化探研究所, 大蒜植株随机采自苏州市郊某一远离各种污染源的菜田, 生长时间约为 60 天, 大蒜头则待大蒜提薹成熟后在同处菜田采收。所有实验器皿均在洗净后置于 4.0 mol·L⁻¹ 的硝酸中浸泡两周以上, 然后用 Millipore Q 系统制得的去离子水(18.3 M \cdot cm)多

收稿日期: 2005-08-15, 修订日期: 2005-11-23

基金项目: 国家自然科学基金(70473062)资助项目

作者简介: 王小平, 1965 年生, 苏州大学放射医学与公共卫生学院博士研究生

次冲洗, 晾干备用。

1.2 仪器优化操作参数

ICP-OES 优化操作参数为: 等离子体射频功率 1.20 kW; 等离子气流速 15.0 L · min⁻¹; 辅助气流速 1.50 L · min⁻¹; 雾化器压力 240 kPa; 一次读数时间 5 s; 仪器稳定延时 15 s; 进样延时 30 s; 泵速 15 r · min⁻¹; 清洗时间 10 s; 读数次数 5 次。元素谱线波长为: Al, 237.312 nm; B, 249.772 nm; Ca, 393.366 nm; K, 766.491 nm; Mg, 279.553 nm; Na, 588.995 nm; P, 213.618 nm; S, 181.972 nm; Si, 251.611 nm, 其中测 S 时多色仪须以高纯氮吹扫饱和。AFS 优化操作参数为: 灯电流: As: 60 mA, Hg: 30 mA, Se: 80 mA; 光电倍增管负高压: 300 V; 原子化器高度: 8 mm; 载气流速: 0.40 L · min⁻¹, 屏蔽气流速: 1.00 L · min⁻¹; 读数时间: 10 s; 读数方式: 峰面积。AAS 优化操作参数大多采用该仪器附带软件预先设定的数值, 测量方式为标准曲线法, 仅在进行石墨炉 AAS 分析时, 溶液进样体积由 10 μL 增为 20 μL, 同时选定塞曼效应背景校正法。

1.3 实验方法

将大蒜植株用自来水冲洗干净, 再用去离子水洗涤 3 次, 以洁净滤纸吸去植株表面水分, 待其完全自然干燥后, 用手术刀片按根、茎(下)、茎(中)、茎(上)、嫩叶和老叶六个不同部位切分, 每个部位质量均在 1.0 g 左右。大蒜头剥去外衣后成瓣分开, 每瓣质量在 4.0~7.5 g 之间, 按四分法切分, 随机取一小块作为分析样品。

将大蒜样品立即置于洁净的 Teflon PFA 消解罐中, 通过差减法称量获得样品质量, 然后加入体积比为 4:1 的硝酸、过氧化氢混合液 12.5 mL, 盖好盖子, 放置过夜。次日打开盖子, 转摇释放冷消解产生的 NO₂ 等气体, 再按微波消解仪说明书指定要求压紧消解罐, 选择如下程序进行消解: 250 W, 1 min; 0 W, 1 min; 250 W, 6 min; 400 W, 5 min; 600 W, 5 min。消解完毕, 稍事冷却后将消解液定量转移至 100 mL 塑料瓶中, 加去离子水至刻度, 溶液准确质量亦通过差减法称量获得。此溶液系列即可用于除 As, Se 外其他 18 种元素含量的测定, 但在测定某些含量高的元素如 K, S 时仍须做适当稀释。准确吸取 20 mL 上述待测溶液系列于洁净的三角烧瓶中, 平行 2 份 (A, B), 然后加入 4.0 mL 硝酸

和 1.0 mL 高氯酸, 同时放入数粒玻璃珠, 盖好盖子, 置于 150 °C 砂浴上温和消解, 直至溶液澄清冒白烟。去盖, A 加入去离子水 10 mL (B 改加 6.0 mol · L⁻¹ 盐酸 10 mL), 继续消解至溶液冒白烟。稍事冷却, A 加入 50 g · L⁻¹ 硫脲和 50 g · L⁻¹ 抗坏血酸混合液 2.0 mL (B 改加 10 g · L⁻¹ 铁氰化钾溶液 1.0 mL), 将溶液定量转移至 25 mL 容量瓶中, 去离子水定容至刻度, A, B 两类溶液即可分别用于大蒜样品中 As 和 Se 含量的测定。

2 结果与讨论

2.1 元素测定方法的选择

ICP-OES 能进行多元素同时测定, 且适宜测定的元素种类多、动态范围宽, 但其检测灵敏度远低于石墨炉 AAS。火焰 AAS 测定元素含量准确度较高, 石墨炉 AAS 测定元素含量检测限较低, 但 AAS 动态范围窄, 且不适合测定一些在原子化时易形成难熔氧化物的元素。AFS 能使 As, Se 和 Hg 等元素形成气态氢化物或气态原子与基体完全分离, 不仅大大减小了基体干扰, 而且显著提高了检测灵敏度, 但 AFS 适宜测定的元素仅囿于 11 种。通过对 3 种仪器性能的综合考察, 最后选用 ICP-OES 测定大蒜样品中 Al, B, Ca, K, Mg, Na, P 和 S 等元素含量, 选用 AAS 测定大蒜样品中 Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Sr 和 Zn 等元素含量, 而大蒜样品中 As, Se 和 Hg 等元素含量则选用 AFS 进行测定。

2.2 测定方法准确度的研究

由于缺乏大蒜标准参考物质, 故改用平行测定茶叶 GBW07605 中 20 种元素含量的方法来评价测定方法的准确度。表 1 列出了茶叶 GBW07605 中 20 种元素含量的测定值与标准值, 通过比较可以看出, 对于大多数元素而言, 这两类数值相当接近, 说明测定方法十分可靠。但由于未使用氢氟酸, Al, Fe 和 K 等元素含量测定值与标准值相比略为偏低, 未使用氢氟酸的原因有二: 一是国产分析纯氢氟酸往往含 Pb 量较高, 有的产品可达 100 μg · kg⁻¹ 以上; 二是样品中 As 和 B 等元素能与氢氟酸反应生成气态氟化物从体系逸失^[5, 6], 影响这些元素含量的准确定量。

Table 1 Comparison between the determined values and the certified values of the element contents in tea standard reference material GBW07605 (replicate: 3)

Element	Determined	Certified	Element	Determined	Certified
Al/mg · kg ⁻¹	2.123	(3.000)	Mg/mg · kg ⁻¹	1.428	1.700 ± 100
As/μg · kg ⁻¹	208.6	280 ± 30	Mn/mg · kg ⁻¹	1.167	1.240 ± 40
B/mg · kg ⁻¹	11.72	15 ± 3	Na/mg · kg ⁻¹	57.18	44 ± 4
Ca/mg · kg ⁻¹	4.865	4.300 ± 200	Ni/mg · kg ⁻¹	5.379	4.6 ± 0.3
Cd/μg · kg ⁻¹	68.60	57 ± 8	P/mg · kg ⁻¹	2.681	2840 ± 60
Cr/μg · kg ⁻¹	749.3	800 ± 20	Pb/mg · kg ⁻¹	3.964	4.4 ± 0.2
Cu/mg · kg ⁻¹	22.32	17.3 ± 1.0	S/%	0.223 8	0.245 ± 0.015
Fe/mg · kg ⁻¹	211.5	264 ± 10	Se/μg · kg ⁻¹	63.22	(72)
Hg/μg · kg ⁻¹	14.92	(13)	Sr/mg · kg ⁻¹	13.69	15.2 ± 0.5
K/%	1.229	1.66 ± 0.06	Zn/mg · kg ⁻¹	28.12	26.3 ± 0.9

2.3 大蒜中 20 种元素含量测定值

大蒜植株不同部位及大蒜头中 20 种元素含量的测定值分别见表 2 和表 3。从表中数据可以看出,大蒜头中 S 和 Se 含量均远高于大蒜植株各部位 S 和 Se 含量。在大蒜植株中, S 和 Se 含量分布模式有一非常明显的特征,那就是嫩叶 S 和 Se 含量均高于老叶 S 和 Se 含量,这可能与大蒜细胞在嫩叶部位增殖分化比较活跃有关, S 在植物细胞蛋白质合成与代

谢及电子传递中发挥着至关重要的作用,而 Se 的一些活性形式能保护生物膜和生物大分子免受氧化损伤。值得一提的是,与文献[7,8]报导的其他产地大蒜头中 Se 含量相比,苏州出产的大蒜头中 Se 含量较低,这可能与苏州地处长江中下游冲积平原、土壤中可溶性 Se 缺乏有关。已有文献[9]报道,与苏州毗邻的无锡出产的大米中 Se 含量在 $20 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 以下。

Table 2 The determined values of the element contents in different parts of typical garlic plant

Element	Root	Stem(low)	Stem(middle)	Stem(high)	Tender leaves	Old leaves
Al/ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	41.10	1.340	0.972 9	1.508	14.60	8.205
As/ $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$	140.2	15.39	15.43	18.42	17.84	29.28
B/ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	4.725	3.337	3.087	3.295	2.758	2.622
Ca/ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	1 827	1 892	1 128	952.8	1 204	2 045
Cd/ $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$	10.05	9.843	9.671	14.79	5.244	10.35
Cr/ $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$	423.4	203.1	377.4	326.8	387.5	286.8
Cu/ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	2.076	0.312 5	0.3 077	1.058	2.638	0.527 8
Fe/ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	45.90	1.786	3.875	0.992 4	16.14	8.680
Hg/ $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$	2.725	0.716 1	ND*	ND*	1.197	1.790
K/ %	0.886 2	0.870 3	0.710 1	0.846 3	0.747 7	0.968 7
Mg/ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	223.0	166.0	123.9	110.2	260.7	131.1
Mn/ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	3.084	2.321	1.525	1.919	3.077	2.932
Na/ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	113.6	51.74	24.71	22.04	13.44	34.69
Ni/ $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$	734.2	136.6	74.33	234.2	48.98	66.27
P/ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	171.8	651.9	367.8	388.0	584.7	312.1
Pb/ $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$	232.7	ND*	ND*	ND*	ND*	241.3
S/ %	0.193 0	0.167 5	0.163 9	0.191 4	0.209 1	0.122 6
Se/ $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$	7.544	6.690	4.574	4.161	5.520	3.830
Sr/ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	2.372	2.946	1.461	1.522	0.879 2	0.879 7
Zn/ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	3.736	4.094	3.280	4.204	5.903	3.906

ND* (not determinable) means that the elemental contents are too low to be determined

Table 3 The determined values of the elemental contents in garlic bulbs

Element	Bulb 1	Bulb 2	Element	Bulb 1	Bulb 2
Al/ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	ND	ND	Mg/ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	200.8 ± 2.0	196.6 ± 5.6
As/ $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$	ND	ND	Mn/ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	3.58 ± 0.08	3.23 ± 0.02
B/ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	1.45 ± 0.02	1.59 ± 0.04	Na/ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	35.1 ± 1.7	36.5 ± 5.9
Ca/ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	165.4 ± 5.0	160.6 ± 29.4	Ni/ $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$	128.2 ± 1.2	110.8 ± 10.5
Cd/ $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$	19.7 ± 1.2	21.0 ± 0.8	P/ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	$1 248 \pm 10$	$1 216 \pm 28$
Cr/ $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$	67.0 ± 1.7	64.6 ± 2.9	Pb/ $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$	ND	ND
Cu/ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	2.0 ± 0.5	2.3 ± 0.6	S/ %	0.35 ± 0.01	0.329 ± 0.007
Fe/ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	8.5 ± 0.2	8.6 ± 0.8	Se/ $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$	28.2 ± 0.6	30.5 ± 1.1
Hg/ $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$	1.70 ± 0.05	2.2 ± 0.3	Sr/ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	0.70 ± 0.04	0.82 ± 0.01
K/ %	0.32 ± 0.01	0.31 ± 0.02	Zn/ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	4.93 ± 0.09	4.78 ± 0.04

Cu 和 Zn, Fe, Mn 分别是三类 SOD 酶的组成因子, Cu 和 Zn 在大蒜植株嫩叶中含量最高,提示大蒜植株嫩叶可能比大蒜头更适合作为提取 Cu/ Zn-SOD 的原料; Fe 在大蒜植株根部含量最高,嫩叶次之,考虑到 Fe-SOD 主要存在于植物细胞叶绿体中^[10],故推测大蒜植株根部所含 Fe 可能多被吸附的无机 Fe; Mn 在大蒜头中含量较高,且在大蒜植株中亦是嫩叶部位含量高于老叶部位含量,与 Cu, Zn 和 Fe 含量分布模式完全一致。

作为植物生长必需元素, Ca 在大蒜头中含量远低于其在大蒜植株中含量,而 P 恰好与之情形相反。在大蒜植株中, Ca 像许多元素一样易在根部累积,但 Ca 在嫩叶部位含量低于其在老叶部位含量。而 P 在嫩叶部位含量则高于其在老叶部位含量,但 P 在大蒜植株根部含量最低。Mg 作为叶绿素的组成因子,亦是在嫩叶部位含量远高于在老叶部位含量。

就一些有害金属元素而言, As 和 Pb 在大蒜头中含量极

低,以致于用 AFS 和石墨炉 AAS 无法检测,但大蒜头中含有极少量的 Cd 和 Hg,且与大蒜植株各部位相比,大蒜头中 Cd 含量略高。在大蒜植株中,有害金属元素含量分布模式显然与元素本身的特性有关,如 Cd 较易被植物吸收转运,故在大蒜植株六个不同部位均检测到有 Cd 存在,且在各部位含量相差不大;而 Pb 不易被植物吸收转运,故主要累积于大蒜根部,在大蒜植株的茎(中)部、茎(上)部和嫩叶部未检测到有 Pb 存在。然而,在大蒜植株老叶部位存有少量的 Pb,推测其可能来源于大气气溶胶沉降。

大蒜植株不同部位一些元素含量之间有很强的线性相关性,如 Al, As, Fe, Mg, Mn 和 Ni 含量两两之间呈显著的正相关,其中 Al 和 Fe 含量的相关系数高达 0.997 4,说明 Al 和 Fe 在大蒜植株体内迁移行为十分相似。Al 在植物体内的生理作用尚未十分明了,一般认为 Al 对植物有毒害作用,但与人们期待结果相反的是,Al 在大蒜植株嫩叶部位含量远

高于其在老叶部位含量,与某些植物生长必需元素的含量分布模式一致,对此尚不能给予合理的解释。然而必须提及的是,大蒜植株不同部位 Al 含量和酸可溶性 Si 含量之间相关性极佳,线性回归方程为 $c_{Si}(\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}) = 3.155c_{Al}(\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}) + 2.194$,相关系数高达 0.996 8,说明在大蒜植株体内 Al 和酸可溶性 Si 之间联系非常紧密。令人惊奇的是,大蒜头中 Al 和酸可溶性 Si 含量极低,用 ICP-OES 无法检测(由于用微波消解-ICP-OES 测得茶叶 GBW07605 中 Si 含量为 $669.8 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,与 $2100 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 的参考值相去甚远,故大蒜样品中酸可溶性 Si 含量占总 Si 含量的比例还有待进一步研究,数据均未列出)。此外,大蒜植株不同部位一些元素含量之间还呈现负相关性,如 P 和 As, P 和 Hg, S 和 As, S 和 Cd, Se 和 Cd, Zn 和 Hg 等,说明在大蒜植株体内含有 P, S, Se 和 Zn 组成因子的一些活性成分能拮抗某些有害金属的毒性作用。

参 考 文 献

- [1] MAO Gen-nian, XU Mur-dan(毛跟年,许牡丹). *Physiological Properties and Analytical Techniques of Functional Food(功能食品生理特性与检测技术)*. Beijing: Chemical Industry Press(北京:化学工业出版社), 2005. 242.
- [2] Khalid Rahman. *Ageing Research Reviews*, 2003, 2: 39.
- [3] McSheehy Shona, Yang Wenjie, Pannier Florence, et al. *Analytica Chimica Acta*, 2000, 421: 147.
- [4] DONG Li-hua, ZHAO Fu-qi, CHEN Xiao-quan, et al(董丽花,赵福歧,陈小全,等). *Magazine of Medicine in Social Districts(社区医学杂志)*, 2004, 2(3): 18.
- [5] Michael Krachler, William Shotyk, Hendrik Emons. *Analytica Chimica Acta*, 2001, 432: 303.
- [6] WANG Xiao-ping(王小平). *Spectroscopy and Spectral Analysis(光谱学与光谱分析)*, 2005, 25(4): 563.
- [7] Recai Inam, Güler Somer. *Food Chemistry*, 1999, 66: 381.
- [8] WANG Yong-qin, CAO Jia-shu, LI Jian-hua, et al(王永勤,曹家树,李建华,等). *Acta Horticulturae Sinica(园艺学报)*, 2001, 28(5): 425.
- [9] CHEN Li-cheng, YANG Fang-mei, ZHANG Yang-ling, et al(陈历程,杨方美,张艳玲,等). *Chinese Journal of Rice Science(中国水稻科学)*, 2002, 16(4): 341.
- [10] CHEN Huai-yang, LIU Wang-yi(陈淮扬,刘望冀). *Progress in Biochemistry and Biophysics(生物化学与生物物理进展)*, 1996, 23(5): 408.

Studies on the Contents of Twenty Elements in Different Parts of Garlic by Using ICP-OES, AAS and AFS Combined with Microwave Decomposition Method

WANG Xiao-ping¹, XIANG Su-liu²

1. School of Radioactive Medicine and Public Hygiene, Suzhou University, Suzhou 215123, China

2. Analytical Center, Suzhou University, Suzhou 215123, China

Abstract The garlic plants sampled in the suburbs of Suzhou were rinsed thoroughly with deionized water, and divided into six different parts: root, low stem, middle stem, high stem, tender leaves and old leaves. After decomposition in a microwave oven, the contents of Al, As, B, Ca, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, K, Mg, Mn, Na, Ni, P, Pb, S, Se, Sr and Zn in these parts were determined by using ICP-OES, AAS and AFS, and the contents of these 20 elements in garlic bulbs collected from the same location were also determined. It was found that the tender leaves or the bulbs of garlic should be chosen preferably for the extraction of active compounds, because they are much richer in Cu, Fe, Mn, S, Se and Zn elements and rather low in harmful As, Cd, Hg and Pb elements as compared with other parts of garlic. The contents of 20 elements are varied in six different parts of garlic, from which some useful conclusions can be drawn concerning either physiological properties of garlic or situations of atmos-

phere contamination.

Keywords Garlic; Element; Microwave digestion; ICP-OES; AAS; AFS

(Received Aug. 15, 2005; accepted Nov. 23, 2005)

《光谱学与光谱分析》投稿简则

《光谱学与光谱分析》是由中国科协主管,中国光学学会主办,钢铁研究总院、中国科学院物理研究所、北京大学、清华大学共同承办的专业学术期刊。国内外公开发行人,从 2004 年起为月刊,大 16 开本,2007 年仍为月刊,每期 208 页。《光谱学与光谱分析》主要报道我国光谱学与光谱分析领域内具有创新性科研成果,及时反映国内外光谱学与光谱分析的进展和动态;发现并培育人才;推动和促进光谱学与光谱分析的发展。为科教兴国服务。读者对象为从事光谱学与光谱分析的科研人员、教学人员、分析测试人员和科研管理干部。

栏目设置和要求

1. 研究报告 要求具有创新性的研究成果,一般文章以 8000 字(包括图表、参考文献、作者姓名、单位和中文、英文摘要,下同)为宜。
2. 研究简报 要求在前人研究的基础上有重大改进或阶段性研究成果,一般不超过 5000 字。
3. 评述与进展 要求评述国内外本专业的发展前沿和进展动态,一般不超过 10000 字。
4. 新仪器装置 要求介绍新型光谱仪器的研制、开发、使用性能和应用,一般不超过 5000 字。
5. 来稿摘登 要求测试手段及方法有改进并有应用交流价值,一般以 3000~4000 字为宜。

稿件要求

1. 投稿者请经本刊编委(或历届编委)一人或本专业知名专家推荐,并附单位保密审查意见及作者署名顺序,主要作者介绍。文章有重大经济效益或有创新者,请说明,同时注明受国家自然科学基金或省部级基金资助情况。
2. 来稿要观点明确、数据真实可靠、层次分明、言简意明、重点突出。来稿必须字迹清晰(含各种符号和外文字母大写、小写、正体、斜体、希腊字母、拉丁字母;上角、下角标位置应标清楚)。中文摘要以 300 字为宜,英文摘要以 1500 字符为宜;另附主题词。要求来稿应达到“齐、清、定”,中文、英文文字通顺,方可接受送审。
3. 来稿请用 A4 复印纸单面打印(用 4 号字,行距一倍),一式两份和其他相关材料,通过邮局挂号寄到本刊。等待通知再行修改,严禁“一稿两投”、“一稿多投”,一经发现,取消三年投稿资格。
4. 文中插图要求完整,图中坐标、线条、单位、符号、图注等应标注准确、完整。图幅大小:单栏图 7.5cm(宽)×6cm(高);双栏图:14cm(宽)×6cm(高);图中数字、图题、表题全部用中文、英文对照,图中数字、中文、英文全用 6 号字。在文中留出该图大小一致的空白(另请备一份合格的图附在文章的后边)。
5. 文中出现的单位必须按“中华人民共和国计量标准”及有关 GB 标准规定书写。物理量符号一律用斜体,单位符号和词头用正体字母。
6. 名词术语,请参照全国科学技术名词规定书写。
7. 参考文献,采用顺序编码制,只列主要文献;内部资料、私人通讯、未经公开发表的一律不能引用。日文、俄文等非英文文献,请用英文表述;中文文献和中文图书采用中、英文对照表述,文献书写格式请参照本刊。
8. 请在投稿第一页左下角写明投稿联系人的电话和 E-mail,以便及时联系。

稿件处理

1. 自收到稿件之日起,一个月内作者会收到编辑部的录用通知。请根据录用通知中所提出的要求认真修改,希望修改稿在 40 天内寄回编辑部,若二个月内编辑部没收到修改稿,将视为自行撤稿处理。
2. 有重大创新并有基金资助者可优先发表;不录用的稿件,编辑部将尽快通知作者,底稿一律不退,请自留底稿。
3. 来稿一经发表将酌致稿酬并送样书两本,本人文章两份抽页。
4. 遵照“中华人民共和国著作权法”,投稿作者须明确表示,该文版权(含各种媒体的版权)授权给光谱学与光谱分析期刊社。国内外各大文献检索系统摘录本刊刊出的论文;凡不同意被检索刊物无稿酬摘引者,请在投稿时事先声明,否则,本刊一律认为已获作者授权认可。

5. 来稿请寄:100081 北京市海淀区魏公村学院南路 76 号,光谱学与光谱分析期刊社

电话:010-62182998 或 62181070

传真:010-62181070

E-mail: chngpxygpfx@vip.sina.com; 修改稿专用邮箱: mengzh1018@vip.sina.com

网址: http://gpxygpfx.periodicals.net.cn